บทที่ 3

ทฤษฎีและแบบจำลองที่ใช้

3.1 ความต้องการน้ำชลประทาน

จากการที่น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นในการศึกษาถึงความต้องการน้ำชลประทานของพื้นที่ศึกษาต้องเริ่มจากการศึกษาเรื่องความต้องการน้ำของพืช ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ต้องจัดส่งให้เพียงพอกับปริมาณที่พืชต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้แล้วการส่งน้ำให้กับความต้องการใช้น้ำของพืช ต้องพิจารณาปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงเพาะปลูก และปริมาณน้ำบางส่วนที่สูญเสียในการขังน้ำในแปลงนาของเกษตรกร ซึ่งได้แก่ปริมาณการระเหยของน้ำ (Evaporation) การรั่วซึมของน้ำ (Percolation) และปริมาณน้ำที่สูญเสียในระบบการกระจายน้ำจากหัวงานชลประทานไปยังแปลงนา ได้แก่ การระเหยและการรั่วซึมจากคลองส่งน้ำ เมื่อรวมปริมาณที่พืชใช้จริงในแปลงนากับปริมาณน้ำที่สูญเสียจะได้ เป็นปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน ซึ่งนอกจากนี้ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานต้องลดลง เมื่อมีปริมาณฝนใช้การมาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

3.1.1 การใช้น้ำของพืช

ในการประเมินการใช้น้ำพืชในพื้นที่ศึกษา ประเมินจากสภาพการปลูกพืชในพื้นที่ พื้นที่ศึกษาเกษตรกรปลูกข้าวเป็นส่วนใหญ่ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝนทุกปี นอกจากนั้นจะเป็นพวกพืชไร่ ได้แก่ อ้อย พืชผัก สวนผลไม้ บ่อเลี้ยงปลาและกุ้ง และพืชอื่นๆ

การคำนวณการใช้น้ำของพืชในแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ตามอัตราการเจริญเติบโตและการลดลงของความชื้นในดินที่แตกต่างกัน ซึ่งคำนวณได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้น้ำของพืช นั้นๆ (Crop Coefficient, K_C) ตามช่วงการเจริญของพืช กับค่าการระเหยและการคายน้ำของพืชอ้างอิง (ET_P) ซึ่งค่า K_C เป็นค่าที่ได้จากการทดลองภาคสนามและค่า ET_P ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ดังสมการที่ 3-1

$$ET = ET_P \times K_C \qquad (3.1)$$

โดยที่ ET = ความต้องการใช้น้ำของพืช (มม./วัน)

ET_P = ปริมาณการระเหยและการคายน้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration)

K_C = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

จากในอดีตที่ผ่านมาการคำนวณค่าการระเหยและการคายน้ำของพืชอ้างอิง จะใช้วิธีของ Modified-Penman โดยกรมชลประทานมีการหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอ้างอิงคำนวณได้โดยสูตร Modified-Penman เป็นสูตรที่เสนอโดย FAO ในปี ค.ศ. 1975 (Doorobos, J. และ Pruitt, W. O. 1975, 1984)

การคำนวณค่าการระเหยและการคายน้ำของพืชอ้างอิง ใช้ตามสูตร Penman-Monteith จากการศึกษาของ Smith (1992) ได้เปรียบเทียบระหว่างค่าที่วัดจากปริมาณน้ำที่พืชใช้จริงกับค่าที่คำนวณได้จากสูตรพบว่ามีค่าใกล้เคียงกว่าสูตรอื่น และจากเอกสารทางวิชาการหลายฉบับโดยเฉพาะจาก FAO ระบุว่าสูตรของ Penman-Monteith เป็นสูตรที่ดีที่สุด (Smith et al. 1997; Allen et al. 1994a และ 1994b) และเสนอให้ใช้สูตรนี้ในการคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง นอกจากนี้ Jensen et al. (1990) ยังได้คำนวณเปรียบเทียบสูตรต่างๆ ถึง 20 สูตร และได้จัดลำดับของสูตร Penman-Monteith ไว้อันดับหนึ่ง ทั้งในกรณีที่คำนวณจากข้อมูลในเขตชื้นและเขตแห้ง

สำหรับพื้นที่ศึกษาอาศัยข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ สถานี อ.เมืองฯ จังหวัดลพบุรี เป็นตัวแทนโดยถ่วงน้ำหนักตามพื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการ ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 3-1 ซึ่งผลการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชอ้างอิงแสดงไว้ในตารางที่ 3-2 สมการของ Penman-Monteith มีดังนี้

$$ET_p = \frac{\delta}{\delta+\gamma^*}(R_n - G)\frac{1}{\lambda} + \frac{\delta}{\delta+\gamma^*}\frac{900}{(T+275)}U_2(e_a - e_d) \qquad (3\text{-}2)$$

โดยที่ ET_p = การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม. /วัน)

R_n = รังสีอาทิตย์สุทธิที่ผิวโลกได้รับ, เมกกะจูล /ตร.ม. /วัน

G = ความเหนี่ยวนำความร้อนในดิน, เมกกะจูล /ตร.ม. /วัน

T = อุณหภูมิเฉลี่ย ($^{\circ}C$)

U_2 = ความเร็วของลมที่ระดับ 2 เมตรเหนือพื้นดิน (ม. /วินาที)

e_a = ความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ย (กิโลปาสคาล, kPa)

e_d = ความดันไอจริง (กิโลปาสคาล, kPa)

λ = ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ, MJ/kg

γ^* = ค่าคงที่ไซโครเมทริกปรับปรุง (modified psychometric constant)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2532-2546 ของสถานีลพบุรี

ข้อมุลสภาพภูมิอากาศ	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (เซลเซียส)	33.3	34.8	36.2	37.1	35.5	34.5	34.0	33.4	32.9	32.6	32.3	32.0
อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด (เซลเซียส)	21.9	23.0	24.8	25.8	25.6	25.3	25.1	24.9	24.6	24.2	22.6	21.1
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (ร้อยล่ะ)	63.1	62.9	65.9	67.8	74.1	75.4	75.8	77.9	81.4	77.4	66.5	59.9
ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด (ร้อยล่ะ)	81.3	83.7	86.4	86.9	89.8	90.6	90.6	92.1	93.9	90.6	81.6	75.5
ความเร็วลมเฉลี่ย (น๊อต)	1.3	1.3	1.6	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	0.7	0.9	1.8	1.9
จำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดด (ชั่วโมง)	8.0	8.6	8.5	8.9	7.6	6.2	5.4	5.0	5.3	6.7	7.7	7.5
ความเร็วลมกลางวันต่อกลางคืน	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

ที่มา : จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ของสถานีลพบุรี ปี พ.ศ. 2546

ตารางที่ 3-2 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยและคายน้ำของพืชอ้างอิง (ET_p) โดยวิธี Penman-Monteith ของปี พ.ศ. 2532-2546

หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
มม./เดือน	113.7	121.4	153.7	162.3	149.3	127.8	125.7	120.3	110.7	118.3	114.9	113.4
มม./วัน	3.7	4.3	5.0	5.4	4.8	4.3	4.1	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7

ที่มา : คำนวณจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ของสถานีลพบุรี รายละเอียดแสดงในหัวข้อที่ 5.1.1

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดจะคำนวณหาได้จากการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดการใช้น้ำโดยตรงในสนามจากถังการใช้น้ำของพืชเทียบกับค่าความต้องการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_p) ซึ่งค่า K_c จะมีค่าแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโต และช่วงเวลาของการเพาะปลูก ในการกำหนดค่า Kc ของพืชในพื้นที่ศึกษา จะใช้ค่ามาตรฐานที่ กรมชลประทานได้ทดลองไว้ ดังแสดงในตารางที่ 3-3

การกำหนดรูปแบบการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ศึกษา ได้กำหนดช่วงเวลาการเพาะปลูกพืชออกเป็น 2 ช่วง คือ ฤดูแล้งระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม และฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม โดยในฤดูฝนส่วนใหญ่เกษตรกรเพาะปลูกข้าว ส่วนฤดูแล้งเพาะปลูกข้าวนาปรัง พืชไร่ พืชผัก และมีการเพาะปลูกอ้อย ไม้ผล และบ่อปลา เป็นกิจกรรมการเพาะปลูกทั้งปี แต่เนื่องจากกิจกรรมการเพาะปลูกในแต่ละกลุ่มพื้นที่ศึกษา มีความคล้ายและหลากหลายแตกต่างกันไป จึงพิจารณากำหนดรูปแบบกิจกรรมที่คล้ายคลึงกันจากรายงานข้อมูลการเพาะปลูกพืชของโครงการชลประทานเป็นกลุ่มเดียวกัน โดยสามารถเก็บรวบรวมกิจกรรมการเพาะปลูกสภาพการเพาะปลูกจริง ในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532-2546 ตัวอย่างของปฏิทินการเพาะปลูกของกลุ่มพื้นที่ ที่ได้จากกรมชลประทาน แสดงดังรูปที่ 3-1 ส่วนที่เหลือแสดงในภาคผนวก ข

3.1.2 การเตรียมแปลง

การเตรียมแปลงเป็นขั้นตอนการใช้น้ำเพื่อปรับสภาพพื้นที่ก่อนที่จะเพาะปลูกพืช การเตรียมแปลงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช ทำให้ดินแตกเป็นก้อนเล็กๆ สะดวกต่อการปักดำหรือปลูกต้นกล้า และสะดวกต่อการซอนไซอาหารของพืช และเป็นวิธีการหนึ่งสำหรับการกำจัดวัชพืช ทำลายที่อยู่ของสัตว์ แมลง และโรคพืชอีกด้วย (Acres, 1979) การเตรียมแปลงอย่างถูกวิธีจะช่วยในการลดการสูญเสียน้ำ และดินสามารถเก็บกักความชื้นได้ดี การเตรียมแปลงมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้น้ำดังต่อไปนี้

1. ปริมาณน้ำที่ทำให้ดินอิ่มตัว (Saturation) และเปียกชุ่ม (Land Soaking) เพื่อความสะดวกต่อการไถพรวน
2. ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหย (Evaporation)
3. ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการซึมลึก (Percolation) ลงไปในดิน และการซึมข้าง (Seepage)
4. ปริมาณน้ำที่ขังในแปลงนาในครั้งก่อนหน้า ที่จะมีการเตรียมแปลง โดยปริมาณน้ำส่วนนี้ช่วยชดเชยหรือทดแทนปริมาณน้ำที่สูญเสียไปกับการระเหย ตลอดจนป้องกัน

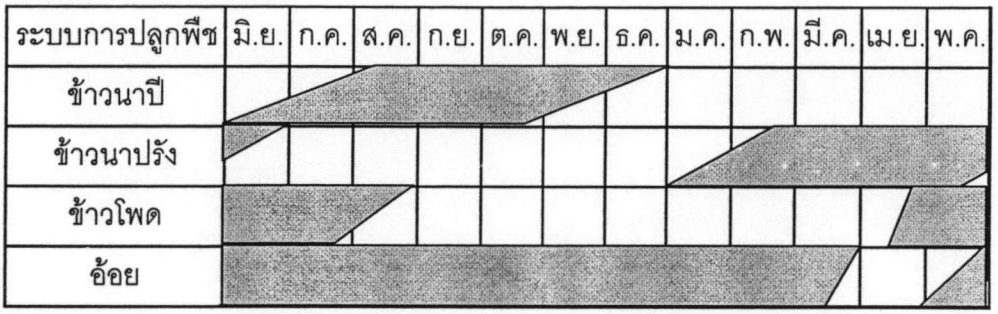
ตารางที่ 3-3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ของ Penman-Monteith แยกตามรายชื่อพืชที่ใช้

ชนิดพืช	สัปดาห์ที่														เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ข้าว กข.	1.03	1.07	1.12	1.29	1.38	1.45	1.5	1.48	1.42	1.34	1.23	0.94	0.86	-	1.24
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	0.66	0.79	0.97	1.18	1.35	1.51	1.61	1.64	1.62	1.6	1.55	1.46	1.28	1.08	1.31
ข้าวโพดหวาน	0.65	0.68	0.84	0.99	1.16	1.22	1.21	1.15	0.96	0.72	0.61	-	-	-	0.93

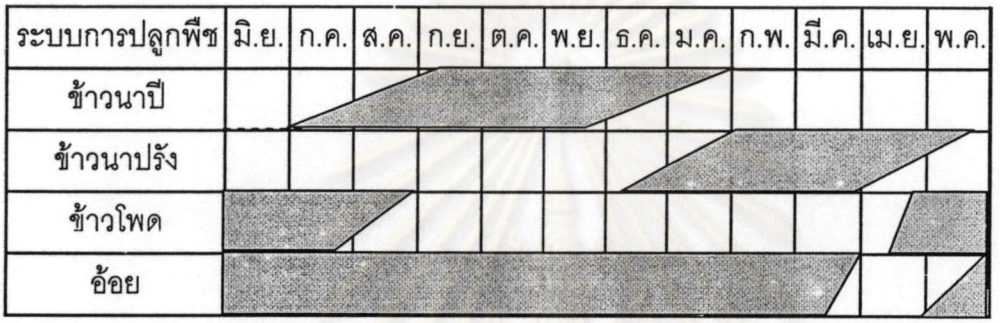
ชนิดพืช	เดือนที่												เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
อ้อย	0.65	0.86	1.13	1.35	1.56	1.29	1.2	0.93	0.63	0.52	-	-	1.01

ที่มา : สำนักอุทกวิทยาและบริหารหารน้ำ กรมชลประทาน, พ.ศ. 2546

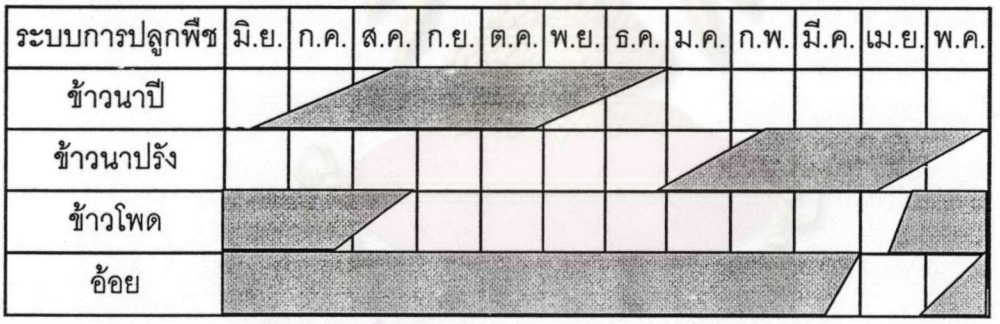
พ.ศ. 2536



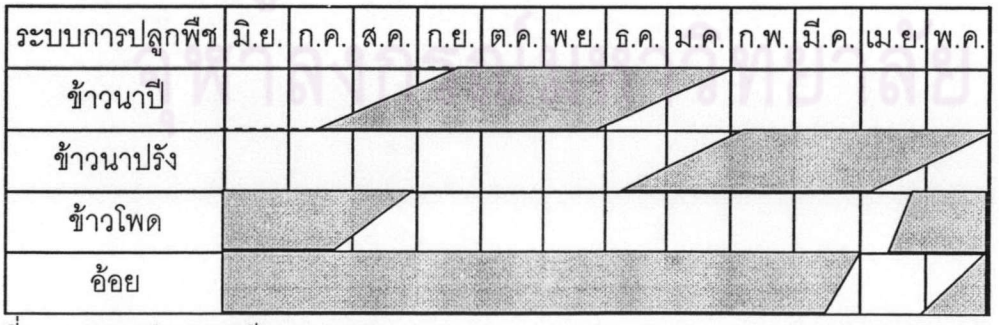
พ.ศ. 2537



พ.ศ. 2538



พ.ศ. 2539



ที่มา : กรมชลประทาน, ปี พ.ศ. 2546

รูปที่ 3-1 ตัวอย่างปฏิทินการเพาะปลูกของกลุ่มพื้นที่ B06 ปี พ.ศ. 2536-2539

และควบคุมการเจริญเติบโตของวัชพืช จนกระทั่งพื้นที่เพาะปลูกจะได้รับน้ำในครั้งต่อไป

3.1.3 ฝนใช้การ

พื้นที่ศึกษานี้ ส่วนใหญ่เป็นโครงการชลประทานที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักฯ เขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ เป็นแหล่งน้ำหลักในช่วงฤดูแล้ง แต่ในช่วงฤดูฝนจะใช้น้ำฝนรวมกับน้ำชลประทาน ดังนั้นฝนจึงเป็นแหล่งน้ำเสริมนอกเหนือจากน้ำชลประทาน ปริมาณฝนที่ตกจะนำไปใช้ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถของสภาพพื้นที่ในการเก็บกักปริมาณฝน น้ำส่วนที่ไหลออกจากพื้นที่เนื่องจากปริมาณน้ำที่สูงกว่าคันนาในพื้นที่หรือนอกเหนือจากความสามารถในการเก็บกัก จะไหลลงสู่คลองระบายน้ำ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าฝนใช้การ หมายถึง ส่วนของฝนที่ตกลงบนพื้นที่ซึ่งสามารถนำใช้ประโยชน์ได้หรือเป็นส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องส่งให้แก่พืช ซึ่งขึ้นกับสภาพของดินแต่ละชนิด ระดับน้ำในแปลงนาก่อนฝนตก ความสามารถในการเก็บกักน้ำของพื้นที่ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เกณฑ์ของบริษัทที่ปรึกษา Acres International Ltd. ประเทศแคนาดา ได้ศึกษาในลุ่มน้ำเจ้าพระยาเมื่อปี พ.ศ. 2525 ดังนี้

1. กรณีที่เป็นข้าว

   STMIN = ระดับน้ำต่ำสุดในแปลงนาก่อนที่จะได้รับน้ำชลประทาน 50 มม.

   STO = ระดับน้ำปกติหรือระดับน้ำที่ชาวนานิยมเก็บกักในแปลงนา 90 มม.

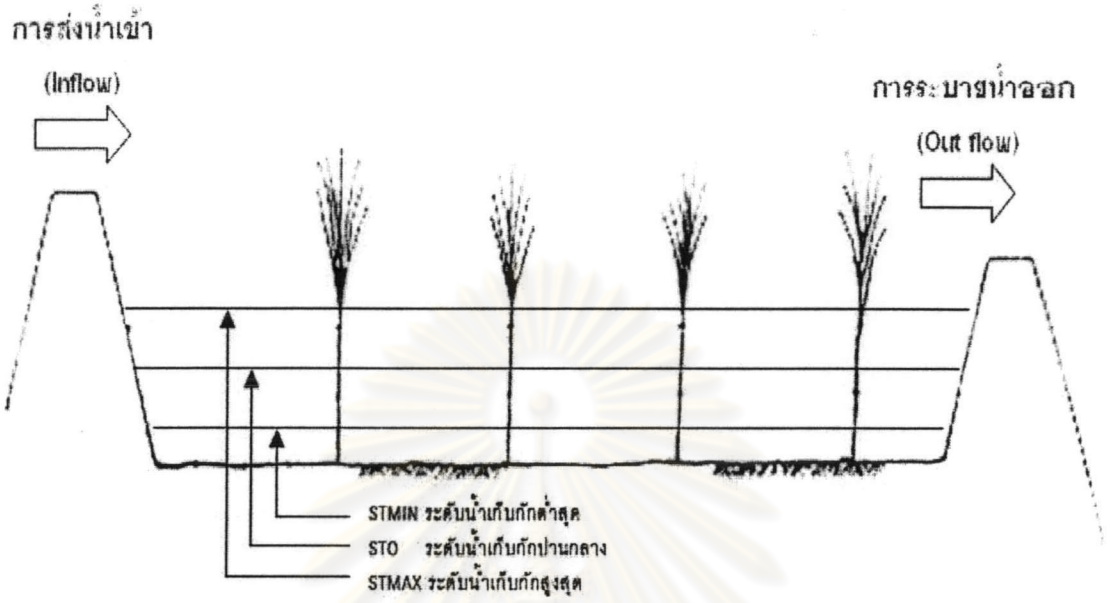
   STMAX = ระดับน้ำสูงสุดในแปลงนาก่อนที่น้ำจะไหลล้นออก 120 มม.

2. กรณีที่เป็นพืชไร่

   พืชไร่จะแตกต่างกันกับกรณีที่เป็นข้าวเนื่องจากไม่มีการขังน้ำในแปลงเพาะปลูก ความสูงระหว่าง STMIN และ STMAX จะเป็นความลึกน้ำที่อยู่ในเขตรากพืชซึ่งประเมินไว้ 25 มม.

การประเมินฝนใช้การ แสดงดังรูปที่ 3-2

จากค่าของตัวแปรข้างต้น สามารถคำนวณฝนใช้การจากแบบจำลอง AISP โดยใส่ค่าของระดับน้ำในแปลงนา และปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ แบบจำลอง AISP จะคำนวณผลลัพธ์เป็นปริมาณฝนใช้การ (สำหรับรายละเอียดแบบจำลอง AISP จะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.2) จากนั้นกำหนดเกณฑ์ปริมาณฝนใช้การในฤดูแล้งและฤดูฝนจากผลลัพธ์ จากนั้นจึงกำหนดกราฟฝนใช้การออกเป็น 2 เส้น คือ ฤดูแล้ง และ ฤดูฝน ขึ้นมาเพื่อใช้ในการทำนายฝนใช้การในแบบจำลอง AISP ต่อไป เกณฑ์การประเมินฝนใช้การดังตารางที่ 3-4



ที่มา : งานศึกษาโครงการศึกษาการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา, พ.ศ. 2525

รูปที่ 3-2 การประเมินฝนใช้การ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การประเมินฝนใช้การในพื้นที่ศึกษา

หน่วย : มม.

ปริมาณฝน	0	60	80	100	120	150	170	200	220	250
ปริมาณฝนใช้การในฤดูแล้ง	0	60	80	100	120	143	148	150	150	150
ปริมาณฝนใช้การในฤดูฝน	0	60	80	90	105	117	119	120	120	120

ที่มา : จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง AISP

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.4 ประสิทธิภาพการชลประทาน

ประสิทธิภาพการชลประทานเป็นค่าบ่งบอกถึงความสามารถในการส่งน้ำจากจุดเริ่มต้นหัวงานของโครงการฯ ไปจนถึงแปลงนาของเกษตรกร อีกนัยหนึ่งประสิทธิภาพการชลประทานเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียเทียบกับปริมาณน้ำที่ส่งทั้งหมด โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับค่าประสิทธิภาพได้แก่ ชนิดของคลอง โครงสร้างทางชลศาสตร์ การดูแลรักษาทางน้ำ การระเหยของน้ำ การรั่วซึมจากคลอง เป็นต้น สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพชลประทาน} = \frac{(\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี} + \text{การรั่วซึม} - \text{ฝนใช้การ})}{\text{ปริมาณน้ำส่งจริง}} \times 100 \qquad (3\text{-}3)$$

การหาประสิทธิภาพทำได้หลายส่วน คือ ถ้าวัดปริมาณน้ำทั้งหมดที่จัดส่งให้แก่พืชในพื้นที่เพาะปลูก จะเป็นประสิทธิภาพชลประทานที่แปลงเพาะปลูก ถ้าวัดที่คลองส่งน้ำจะเป็นประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ ถ้าวัดที่หัวงานชลประทานจะเป็นประสิทธิภาพของโครงการชลประทาน

เนื่องจากในการศึกษานี้ ประกอบด้วยกลุ่มพื้นที่ย่อยจำนวน 8 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยโครงการชลประทานอย่างน้อยหนึ่งหรือสองโครงการขึ้นไปมารวมกัน ทำให้การคำนวณค่าประสิทธิภาพชลประทาน ในกลุ่มพื้นที่ย่อยนั้นๆ ค่อนข้างจะลำบาก จึงได้พิจารณาเงื่อนไขในการกำหนดค่าประสิทธิภาพการชลประทาน ในเขตพื้นที่ศึกษา ดังนี้

1) ใช้ข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมา
2) โครงการชลประทานในกลุ่มพื้นที่เดียวกันสามารถใช้เป็นตัวแทนกันและกันได้

ในการศึกษานี้ได้ใช้ค่าประสิทธิภาพชลประทาน จากงานศึกษาโครงการศึกษาการจัดการลุ่มน้ำเจ้าพระยา, กุมภาพันธ์ 2543 ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มพื้นที่ชลประทานที่ได้ศึกษา ค่าประสิทธิภาพรายเดือนแสดงดังตารางที่ 3-5

3.1.5 อัตราการซึมน้ำ

ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าแปลงเพาะปลูก จะมีน้ำส่วนหนึ่งไหลผ่านชั้นดินลงไปในเขตรากพืชแล้วไหลซึมลงไปใต้ดิน การรั่วซึมจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน วิธีการเตรียมแปลง ความสูงของน้ำที่ขังในแปลงนาและระดับน้ำบาดาล การกำหนดปริมาณน้ำที่ซึมลงไปในดินสำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยาจะกำหนดเป็น 2 ลักษณะตามฤดูกาล คือ ในพื้นที่ปลูกข้าวที่ต้องใช้ปริมาณน้ำขังในแปลงนาจะกำหนดให้มีอัตรารั่วซึม 2 มม.ต่อวันในฤดูแล้ง และ 1 มม.ต่อวันในฤดู

ตารางที่ 3-5 ประสิทธิภาพการชลประทานเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ศึกษา

โครงการชลประทานในพื้นที่ศึกษา	กลุ่มพื้นที่	ประสิทธิภาพการชลประทาน (ร้อยล่ะ)											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
โครงการจัดหาน้ำเพื่อการเกษตร จ.ลพบุรี	B01	85	85	85	85	85	85	70	70	70	70	70	70
โครงการสูบน้ำพัฒนานิคม	B02	85	85	85	85	85	85	70	70	70	70	70	70
โครงการสูบน้ำพัฒนานิคม - แก่งคอย	B03	85	85	85	85	85	85	70	70	70	70	70	70
โครงการสูบน้ำแก่งคอย - บ้านหมอ	B04	85	85	85	85	85	85	70	70	70	70	70	70
โครงการคลองเพรียว - เสาไห้	B05	55	55	55	55	55	55	50	50	50	50	50	50
ป่าสักใต้ / นครหลวง	B06	75	75	75	75	75	75	60	60	60	50	50	50
รังสิตเหนือ / รังสิตใต้	B07	95	95	95	95	95	95	80	80	80	80	90	90
คลองด่าน / พระองค์ไชยานุชิต	B08	95	95	95	95	95	95	80	80	80	80	90	90

หมายเหตุ : B05 B06 B07 และ B08 มาจากผลการศึกษาของโครงการศึกษาการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา, ปี พ.ศ. 2543

B01 B02 B03 และ B04 มาจากผลการศึกษาของโครงการชลประทานระบบท่อส่งน้ำลุ่มน้ำภาคกลาง, ปี พ.ศ. 2543

ฝน ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ ซึ่งไม่ได้ส่งน้ำแบบท่วมขังในแปลงเพาะปลูกจะไม่คิดค่าอัตราการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก

กองวางโครงการ กรมชลประทาน ได้กำหนดอัตราการรั่วซึมในแปลงนา เพื่อเป็นเกณฑ์คำนวณออกแบบระบบส่งน้ำของโครงการชลประทานในการจัดทำรายงานความเหมาะสมของโครงการฯ เป็นภาคต่างๆ ดังนี้

1. ภาคกลาง ใช้อัตรารั่วซึมเท่ากับ 1.0 มม.ต่อวัน
2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้อัตรารั่วซึมเท่ากับ 2.0 มม.ต่อวัน
3. ภาคอื่นๆ ใช้อัตราการซึม 1.5 มม.ต่อวัน

การศึกษาวิจัยนี้ กำหนดอัตราการรั่วซึมในแปลงนา เท่ากับ 1.5 มม.ต่อวัน ในการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน

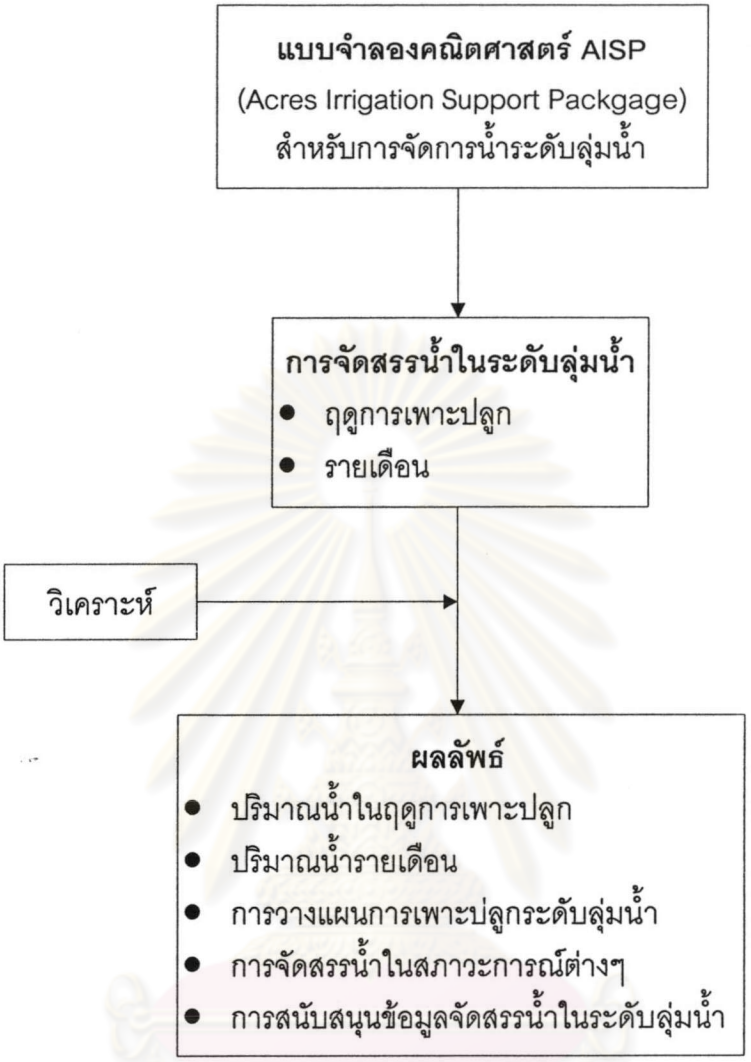
3.2 แบบจำลอง AISP

แบบจำลอง AISP เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่จัดทำให้กรมชลประทานโดยบริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด บริษัท ปัญญาคอนซัลแตนท์ จำกัด ร่วมกับ Acres International Ltd. เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยมีคุณสมบัติหลายประการ เช่น สามารถจัดการข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ให้เป็นระบบฐานข้อมูลเพื่อให้สะดวกต่อการเรียกใช้ แก้ไข และแสดงผล สามารถคำนวณความต้องการใช้น้ำชลประทาน การวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำชลประทาน และความต้องการใช้น้ำด้านอื่นๆ เช่นความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค เพื่อการอุตสาหกรรม เพื่อการท่องเที่ยว เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และเพื่อรักษาระบบนิเวศน์ท้ายน้ำ ลักษณะของแบบจำลอง AISP สำหรับการจัดการน้ำระดับโครงการ ดังรูปที่ 3-3 โดยในการศึกษานี้ใช้แบบจำลอง AISP คำนวณความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการจัดสรรน้ำในระดับลุ่มน้ำ

3.2.1 รายละเอียดแบบจำลอง

แบบจำลอง AISP ประกอบด้วยส่วนหรือโมดูลต่างๆ หรือมีฟังก์ชั่นการทำงานให้เลือกหลายแบบ ตั้งแต่โมดูลเพื่อควบคุมและสั่งงานแบบจำลองทั้งหมด โมดูลจัดการข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง จนถึงโมดูลเครื่องมือเพิ่มเติม โดยกล่าวรายละเอียดเฉพาะโมดูลที่ใช้ในการศึกษานี้

1. โมดูลควบคุมหลัก (MC)
2. โมดูลฐานข้อมูลสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลา (DBM)
3. โมดูลคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETM)



ที่มา : งานศึกษาโครงการศึกษาการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา, พ.ศ. 2543

รูปที่ 3-3 ลักษณะของแบบจำลอง AISP สำหรับการจัดการน้ำระดับลุ่มน้ำ

3. โมดูลคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETM)

4. โมดูลคำนวณความต้องใช้น้ำชลประทาน (IDM)

ในส่วนของ MC จะเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมแบบจำลองโดยสามารถเรียกโมดูลอื่นขึ้นมาใช้งานได้สะดวก ซึ่งคล้ายกับเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างแต่ละโมดูล โดยแบบจำลองในโมดูลอื่นจะส่งข้อมูลตรงไปยัง AISP เพื่อทำหน้าที่วิเคราะห์และรายงานผลการคำนวณโดยแสดงผลการคำนวณโครงสร้างของแบบจำลอง AISP ดังรูปที่ 3-4

ก) โมดูลควบคุมหลัก

โมดูลควบคุมหลักเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแบบจำลองและโมดูลต่างๆ เพื่อให้แต่ละส่วนทำงานตามที่กำหนดที่กำหนดไว้ หน้าต่างโปรแกรมควบคุมหลักแสดงในรูปที่ 3-5

ข) โมดูลการจัดการข้อมูลอนุกรมเวลา (DBM)

แบบจำลอง AISP ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ชั่วโมงแสงแดด ฯลฯ เพื่อการวิเคราะห์ต่างๆ ในแบบจำลองนี้จะประกอบด้วยข้อมูลอนุกรมเวลา 2 แบบ คือ

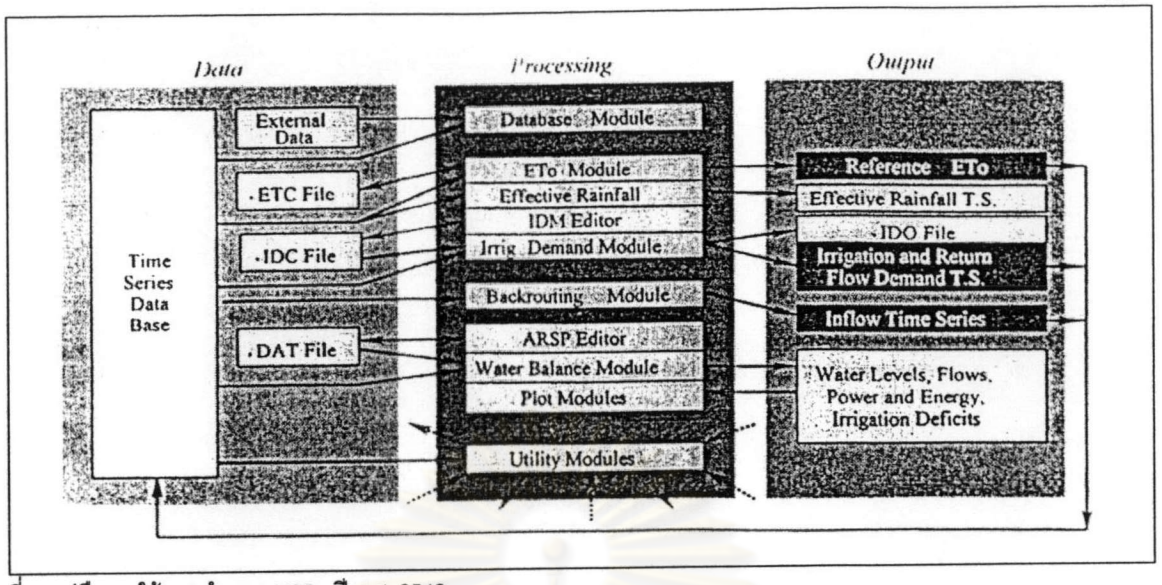
1) แบบ ASCII เป็นรูปแบบข้อมูลที่มีความกว้างแน่นอน แสดงในรูปที่ 3-6 มิฉะนั้นโมดูลจะอ่านข้อมูลไม่ถูกต้องหรือแปลข้อมูลผิดไป ด้วยเหตุนี้จึงควรใช้แฟ้มข้อมูลแบบ AISP มากกว่า

2) แบบ AISP คล้ายกับรูปแบบ ASCII ข้อมูลจะเรียงต่อกันไปจนจบในบรรทัดเดียวกัน ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นรายเดือน จะมี 13 ค่า รายสัปดาห์จะมี 53 ค่า และรายวันจะมี 32 ค่า ซึ่งใช้เป็นรูปแบบหลักของแบบจำลองนี้ โมดูลฐานข้อมูลมีหน้าที่หลักดังต่อไปนี้

1. สร้างและทำบัญชีรายชื่อแฟ้มข้อมูลทั้ง ASCII และ AISP พร้อมทั้งรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง
2. แปลงข้อมูล ASCII เป็นรูปแบบ AISP
3. สรุปข้อมูลรายวันให้เป็นข้อมูลรายสัปดาห์หรือรายเดือน
4. ปรับปรุงข้อมูลของ แฟ้ม AISP (กรณีมีการนำเข้าข้อมูลใหม่)

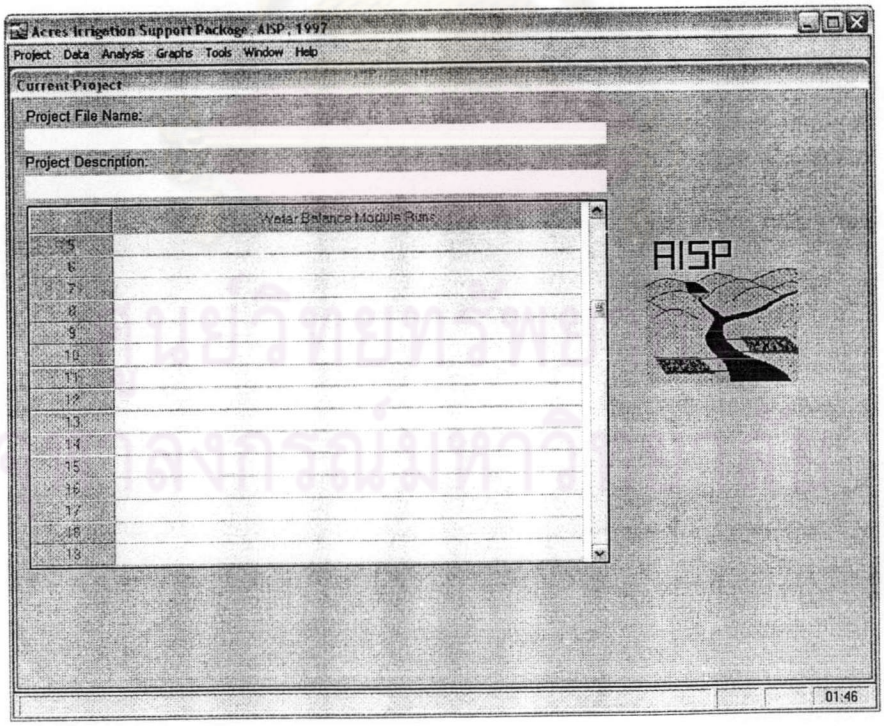
ค) โมดูลการคำนวณการคายระเหยอ้างอิง (ETM)

โมดูลนี้ได้รับการพัฒนาโดย International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI) ซึ่งใช้การคำนวณโดยวิธี Modified Penman หรือ Penman-Montieth หน้า



ที่มา : คู่มือการใช้แบบจำลอง AISP , ปี พ.ศ. 2542

รูปที่ 3-4 ผังโครงสร้างของแบบจำลอง AISP

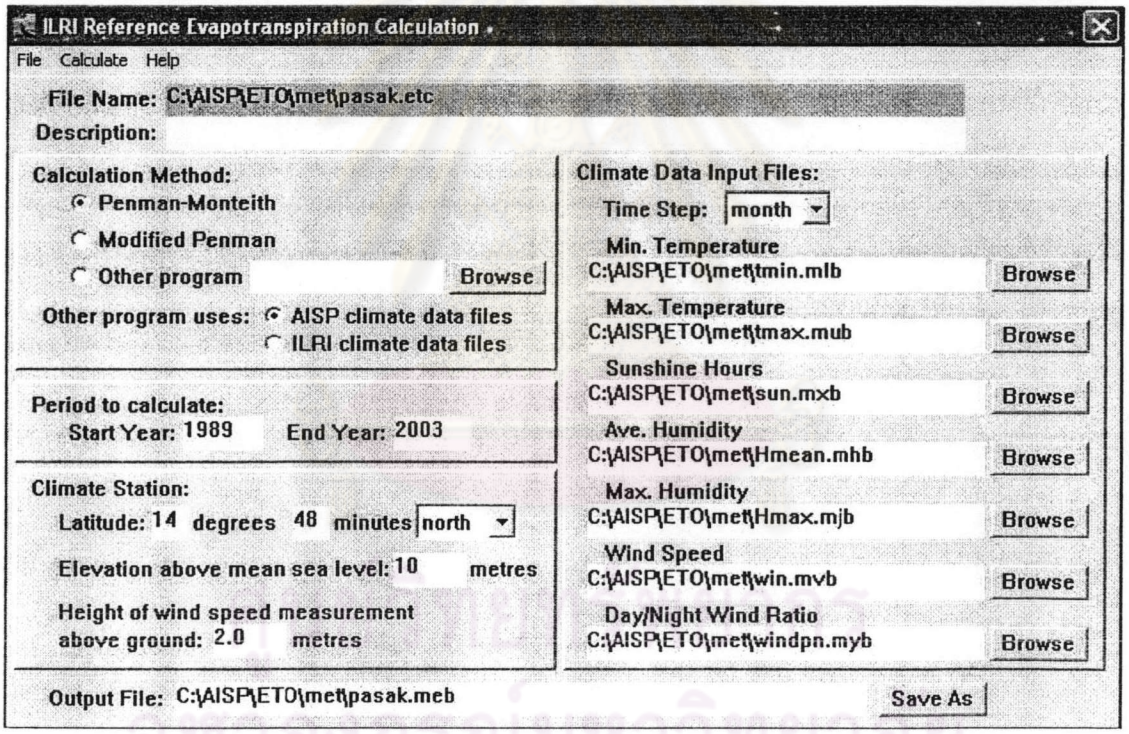


รูปที่ 3-5 หน้าต่างโมดูลควบคุมหลักของแบบจำลอง AISP

Reference evapotranspiration in mm/month calculated by Penman-Monteith Method
Station:
Period: 1989 to 2003

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1989	125	125	163	190	155	124	138	139	125	126	134	122
1990	124	136	176	184	156	132	130	149	120	122	120	133
1991	123	144	186	183	173	122	124	109	114	126	116	109
1992	120	128	169	183	184	133	133	119	116	103	128	106
1993	110	120	153	159	154	142	143	113	113	128	117	124
1994	102	114	143	165	124	107	99	103	107	114	130	104
1995	113	126	160	163	147	140	121	115	98	114	113	124
1996	110	127	156	149	148	130	124	120	103	116	105	112
1997	112	117	151	163	163	147	118	116	104	125	111	112
1998	108	115	150	156	151	140	127	132	117	113	99	101
1999	110	118	153	131	130	121	130	116	118	106	98	112
2000	112	109	140	130	137	115	117	117	108	111	111	109
2001	103	110	123	161	134	121	124	120	111	118	112	110
2002	117	116	146	152	134	131	131	111	103	122	109	101
2003	116	116	136	165	150	112	126	125	104	130	120	122

รูปที่ 3-6 ตัวอย่างข้อมูลในรูปของ ASCII



รูปที่ 3-7 โมดูลการคำนวณการคายระเหยอ้างอิง

ต่างของโมดูลการคำนวณการคายระเหยอ้างอิงดังรูปที่ 3-7 ข้อมูลที่ใช้ในโมดูลมี 7 ชนิด ได้แก่

1. ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิรายวันต่ำสุด (ค่าเฉลี่ยในเดือนนั้นๆ)
2. ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิรายวันสูงสุด (ค่าเฉลี่ยในเดือนนั้นๆ)
3. ค่าเฉลี่ยของจำนวนชั่วโมงแสงแดด (ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันในเดือนนั้นๆ)
4. ค่าเฉลี่ยรายวันของความชื้นสัมพัทธ์ (ค่าเฉลี่ยรายวันในเดือนนั้นๆ)
5. ค่าเฉลี่ยรายวันของความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด (ค่าเฉลี่ยรายวันในเดือนนั้นๆ)
6. ค่าเฉลี่ยความเร็วลมรายวันหน่วย เมตรต่อวินาที (ค่าเฉลี่ยรายวันในเดือนนั้นๆ)
7. ค่าเฉลี่ยอัตราเร็วลมเวลากลางวันต่อกลางคืน (ถ้าหาค่าไม่ได้ให้ใช้ค่าโดยทั่วไปคือ 2.0)

ง) โมดูลการคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน (IDM)

โมดูลคำนวณความต้องการน้ำชลประทานและคำนวณปริมาณน้ำไหลกลับคืน ประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นเอดิเตอร์ สร้างแฟ้มเพื่อคำนวณความต้องการใช้น้ำเป็นรายเดือนหรือรายสัปดาห์ ส่วนที่ 2 เป็นโปรแกรมคำนวณความต้องการน้ำชลประทานรายสัปดาห์ ส่วนที่ 3 เป็นโปรแกรมคำนวณความต้องการน้ำรายเดือน

ในโมดูลนี้ได้แยกพืชออกเป็น 3 ประเภท คือข้าว พืชไร่ และบ่อปลา โดยกำหนดคุณสมบัติดังนี้

1. ข้าว ปลูกในพื้นที่นาที่มีลักษณะเป็นแปลงซึ่งเก็บกักน้ำฝนไปใช้ได้
2. พืชไร่ ปลูกในไร่ที่ใช้น้ำฝนได้บางส่วน น้ำฝนส่วนเกินที่เหลือจะไหลผ่านไปไม่สามารถนำมาใช้ได้
3. บ่อปลา มีลักษณะเป็นแปลงเช่นเดียวกับนาข้าวแต่สามารถเก็บน้ำฝนได้ไม่จำกัด

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับโมดูลนี้ใช้ข้อมูลมาก และมีบางข้อมูลอาศัยผลลัพธ์จากการคำนวณของโมดูลอื่นๆ มาก่อนเช่น ค่าการคายระเหยอ้างอิง ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากโมดูล ETM ข้อมูลอื่นๆ ที่ได้จากพื้นที่จริงต้องเก็บรวมรวมจากภาคสนามหรือรวบรวมจากการศึกษาที่ผ่านมา ข้อมูลที่ใช้ในโมดูลการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานมีดังนี้

1. พื้นที่เพาะปลูก
2. กำหนดการเพาะปลูกพืช
3. ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c)
4. ค่าการคายระเหยอ้างอิง

5. อัตราการซึมของน้ำในแปลงนา

6. ค่าประสิทธิภาพชลประทาน

7. ค่าสัมประสิทธิ์น้ำไหลกลับคืน

8. ปริมาณฝนใช้การ

9. ชื่อของพืชที่ไม่ได้เพาะปลูก

10. ช่วงเวลาเพาะปลูก

โมดูลจะใช้ส่วนแรกที่เป็นเอดิเตอร์ สร้างแฟ้มเพื่อคำนวณความต้องการน้ำชลประทานในรูปของไฟล์ *.idc อยู่ในรูปแบบของภาษาฟอร์แทรนซึ่งในการแก้ไขไฟล์สามารถทำได้สะดวกกว่าในส่วนที่เป็นเอดิเตอร์ ในไฟล์จะรวบรวมข้อมูลต่างๆ ดังรูปที่ 3-8 และตัวอย่างผลการคำนวณประมาณความต้องการน้ำชลประทานดังรูปที่ 3-9

จ) โมดูลคำนวณปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (BRM)

โมดูลนี้ใช้ในกรณีที่ไม่มีการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ มีการบันทึกเพียงปริมาณน้ำไหลออกจากอ่าง ระดับน้ำและอัตราการสูญเสียต่างๆ เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำนั่นเอง

ฉ) โมดูลการคำนวณสมดุลน้ำ (ARSP)

โมดูลนี้เป็นโมดูลที่ใช้คำนวณระบบในลุ่มน้ำทั้งหมด เพื่อวางแผนการจัดการในอนาคตหรือเพื่อควบคุมการบริหารน้ำในปัจจุบัน ความสามารถและส่วนประกอบต่างๆ ได้สูงสุดมีดังนี้

จำนวนจุดร่วม	500	จำนวนปีที่ศึกษา	100
จำนวน arc	3,000	หมายเลขสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ	9,999
จำนวนทางน้ำ	1,000	หมายเลขสูงสุดของทางน้ำ	9,999
จำนวนอาคาร	200	ช่วงเวลาสูงสุดใน 1 ปี	52
จำนวนอ่างเก็บน้ำ	100	จำนวน arc สูงสุดในทางน้ำ	10
จำนวน Forcast Channels	50	จำนวนชุดของปริมาณน้ำท่าหรือฝน	250
จำนวนโรงไฟฟ้า	50	จำนวนทางน้ำที่เข้าหาจุดร่วม	250
จำนวนกลุ่มของพื้นที่ชลประทาน	150	จำนวนทางน้ำที่ออกจากจุดร่วม	250
จำนวนชั้นของอ่างเก็บน้ำ	15	จำนวน Hedge Rules	20
จำนวนของแฟ้มความต้องการใช้น้ำ	350	จำนวนของ Hydrologic Sequences	10

ข้อมูลที่ต้องการใช้ในการคำนวณสมดุลน้ำขึ้นอยู่กับลุ่มน้ำที่จำลองว่ามีกิจกรรมการใช้น้ำ จุดควบคุม และส่วนประกอบจำนวนมากหรือน้อย สิ่งที่สำคัญของการวิเคราะห์คือ แผนภาพของลุ่มน้ำที่ประกอบด้วย กิจกรรมการใช้น้ำ ทางน้ำ อ่างเก็บน้ำ

```
Chanasutr Irrigation Project
Detailed Output     :YES
Echo Rainfall Data :YES
Time Series Data    :ASCII
Output Flow Units   :     2
Area Units Name     :Rai
Area Units Multiply:   1600.000
Number Periods/Year:    12
Start Year          : 1992
Start Month         :     1
Start Day           :     1
Calc. No.of Years   :    10
Calc. No.of Periods:    12
Number of ER Points:    10
Rainfall :     0    60    80   100   120   160   170   200   220   250
EffRain 1:     0    60    80   100   120   140   145   147   148   148
EffRain 2:     0    60    75    75    82    95   107   112   115   115
```

รูปที่ 3-8 ตัวอย่างบางส่วนของไฟล์ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง AISP ของปี พ.ศ. 2535

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1992	2.60	6.20	4.71	5.07	3.55	.92	4.59	15.42	14.91	8.68	8.98	1.33
1993	2.42	6.16	4.08	3.97	2.57	1.20	5.81	14.75	14.31	11.15	7.75	1.69
1994	2.39	6.18	2.20	3.96	1.54	.18	5.83	14.40	14.27	10.56	8.83	1.43
1995	2.46	6.21	4.38	3.62	1.60	.76	5.03	12.53	10.90	10.54	8.13	1.67
1996	2.41	6.47	4.14	3.06	1.08	.85	4.78	15.08	10.82	11.73	4.29	1.48
1997	2.40	6.08	4.28	3.79	2.18	1.43	5.23	15.12	12.44	8.67	7.02	1.35
1998	2.38	5.99	4.16	3.31	2.20	.50	4.73	13.43	13.55	8.49	6.25	1.37
1999	2.43	5.07	4.19	1.77	.40	1.34	4.87	15.93	13.38	8.12	6.28	1.62
2000	2.42	6.10	4.08	3.25	1.93	1.18	4.91	13.91	17.20	8.80	7.61	1.38
2001	2.33	6.02	3.21	3.85	1.01	1.01	5.45	16.31	15.19	9.53	6.86	1.40

รูปที่ 3-9 ตัวอย่างผลการคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน (หน่วย ล้าน ลบ.ม.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์สมดุลน้ำ ก็เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถจำลองสภาพระบบลุ่มน้ำ ซึ่งประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำหลายๆ อ่าง และการใช้น้ำด้านต่างๆ การวิเคราะห์สมดุลน้ำจะช่วยในการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำให้แก่พื้นที่ต่างๆ ตามลำดับความสำคัญหรือตามความเหมาะสม โปรแกรมการวิเคราะห์สมดุลน้ำในการศึกษาการจัดการน้ำนั้นสามารถประยุกต์ใช้ได้ 3 แนวทาง คือ

1) การวางแผนโครงการ
2) การวางแผนจัดสรรน้ำระดับลุ่มน้ำ
3) การวางแผนการจัดสรรน้ำระดับโครงการ

การศึกษาครั้งนี้ใช้แนวทางในการวิเคราะห์สมดุลน้ำแบบการวางแผนจัดสรรน้ำระดับลุ่มน้ำ องค์ประกอบโปรแกรมการคำนวณสมดุลน้ำมีรายละเอียด ดังนี้

1) อ่างเก็บน้ำ (Reservoir) เป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีข้อมูลของความจุอ่างที่ระดับเก็บกักต่างๆ ในแบบจำลอง อ่างเก็บน้ำจะทำหน้าที่หลายประการ กล่าวคือ อ่างเก็บน้ำจะเก็บกักน้ำและระบายน้ำเพื่อวัตถุประสงค์หลายประการ เช่น การชลประทาน การผลิตกระแสไฟฟ้า การรักษาสภาพลำน้ำและการอุปโภคบริโภค เป็นต้น

2) จุดควบคุมความจุ (Check Storage) ใช้แทนตำแหน่งของระบบระบายน้ำในพื้นที่ชลประทานที่มีความจุไม่มากนัก โดยทั่วไปแล้วจะควบคุมระดับน้ำนองในพื้นที่ปลูกข้าวด้านเหนือของจุดควบคุม ในต้นฤดูฝนระดับน้ำที่ท่วมที่นาจะถูกควบคุมให้อยู่ในระดับที่ต่ำเพื่อให้ข้าวได้เจริญเติบโตโดยน้ำฝน เมื่อข้าวเริ่มโตจะเพิ่มระดับน้ำท้ายจุดควบคุม ให้ค่อยๆ สูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเวลาเก็บเกี่ยวซึ่งต้องระบายน้ำออกจากแปลงนาให้หมด จึงจะเก็บเกี่ยวได้

จุดควบคุมความจุมีอยู่ 2 ประเภท ประเภทแรกเป็นชนิดที่เห็นโดยทั่วไปซึ่งจะรับน้ำและเก็บน้ำที่เหลือใช้และระบายจากแปลงนาที่อยู่เหนือน้ำ ส่วนประเภทที่สองจะควบคุมระดับน้ำในคลองน้ำจะถูกส่งจากอาคารบังคับน้ำ (Regulator) หรือสูบโดยเครื่องสูบน้ำเพื่อนำไปใช้ตามความต้องการ

3) ทางน้ำ (Channels) หมายถึง ช่องทางที่น้ำไหลไปได้ อาจเป็นทางน้ำธรรมชาติ คลอง หรือท่อส่งน้ำเข้าโรงไฟฟ้าพลังน้ำ อาคารระบายน้ำท้ายโรงไฟฟ้า อาคารระบายน้ำล้น คลองส่งน้ำ คลองระบายน้ำ ท่อสูบน้ำ และคลองผันน้ำ ช่องทางน้ำจะใช้แทนปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่ระบบหรือสูญเสียไปจากระบบด้วย เมื่อไม่มีทางน้ำที่ไหลเข้าหรือออกที่เด่นชัด

4) จุดร่วม (Nodes หรือ Junctions) แสดงตำแหน่งที่ทางน้ำรวมกัน หรือแยกออกจากกัน ตำแหน่งที่ส่งน้ำหรือรับน้ำเข้ามาจะแทนด้วยจุดร่วม อ่างเก็บน้ำและจุดควบคุมความจุก็เป็นจุดร่วมด้วย

5) อาคารบังคับน้ำ (Regulators) หมายถึง อาคารประเภทต่างๆ ที่บังคับหรือควบคุมปริมาณน้ำในระบบชลประทาน คุณสมบัติของจุดบังคับคือ ปริมาณน้ำไหลผ่านสูงสุดและปริมาณน้ำไหลผ่านต่ำสุดจุดบังคับจะถูกกำหนดขึ้นในตำแหน่งที่ต้องการรู้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน

6) กลุ่มโครงการชลประทาน (Irrigation Projects or Blocks) โดยทั่วไปจะใช้แทนพื้นที่ชลประทานที่รับน้ำจากคลองส่งน้ำสายหลักเดียวกัน และระบายน้ำออกโดยคลองระบายสายหลักเดียวกัน ความต้องการน้ำและปริมาณน้ำเหลือใช้ในแต่ละกลุ่มโครงการชลประทาน คำนวณโดยโปรแกรมความต้องการใช้น้ำชลประทาน ซึ่งจะคำนวณจากพืชที่ปลูกและปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่เท่านั้น โดยไม่คำนึงถึงความจุในระบบชลประทานที่จะส่งน้ำได้ ข้อจำกัดของระบบส่งน้ำจะนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมดุลของน้ำ

ถ้ามีข้อจำกัดของความจุของอาคารบังคับน้ำ ตัวอย่างเช่น อาคารบังคับน้ำดังกล่าวไม่สามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการ จะสมมุติว่ามีปริมาณน้ำที่ส่งผ่านอาคารบังคับน้ำดังกล่าวนี้จะถูกใช้ไปอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งในการคำนวณจะกระทำโดยลดปริมาณน้ำที่เหลือใช้ การศึกษาขบวนการดังกล่าวได้สรุปจากข้อมูลในส่วนต่างๆ ในระบบส่งน้ำ ในกรณีวิกฤตเมื่อปริมาณน้ำที่ส่งผ่านเข้าระบบน้อยกว่าความต้องการใช้น้ำก็จะเป็นผลให้ไม่มีปริมาณน้ำเหลือกลับเข้าระบบ เมื่อไม่สามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการใช้น้ำของพืชแล้ว ก็จะทำให้พืชเสียหายเนื่องจากสภาวะภัยแล้ง

7) ความต้องการใช้น้ำ (Water Demand) ในที่นี้หมายถึง ความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมอื่นๆ นอกเหนือจากการชลประทาน การใช้น้ำส่วนนี้ ยกตัวอย่างเช่น การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคจะไม่มีปริมาณน้ำเหลือใช้กลับเข้าสู่ระบบ

8) ปริมาณน้ำควบคุม (Minimum Flow) โดยปกติแล้วจะเป็นปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องรักษาไว้ ณ จุดหนึ่งๆ ในระบบ แต่ในบางกรณีอาจจะเป็นปริมาณน้ำสูงสุดก็ได้ ปริมาณต่ำสุดนี้จะกำหนดขึ้นเพื่อการเดินเรือหรือควบคุมคุณภาพน้ำ เป็นต้น

9) โรงไฟฟ้าพลังน้ำ แสดงตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังน้ำในลุ่มน้ำ คุณสมบัติของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ เช่น กำลังผลิตติดตั้ง ความสูงหัวน้ำ และประสิทธิภาพของกังหันน้ำประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์สมดุลน้ำ เมื่อรู้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำ จะ

คำนวณกำลังผลิตได้ เมื่อมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำ รูปแบบจำลองวิเคราะห์สมดุลน้ำ จะพิจารณาความเหมาะสมในการจัดสรรน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า ให้เหมาะสมและสอดคล้องความต้องการน้ำด้านอื่นๆ ได้

10) ปริมาณน้ำ แสดงถึงปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามาในระบบลุ่มน้ำเนื่องจากปริมาณฝนหรือปริมาณน้ำท่าหรือวิธีอื่น อาจแยกเป็นปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง และปริมาณน้ำท่าที่ไหลจากพื้นที่รับน้ำฝน

11) ลักษณะการไหล (Routing Characteristics) เนื่องจากในความเป็นจริงน้ำต้องใช้เวลาในการไหลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง (Time Lags) ลักษณะการไหลนี้จะใช้หาค่า Time Lags ที่เกิดขึ้นซึ่งขึ้นกับระยะทางระหว่างจุดสองจุดที่พิจารณา และลักษณะของแม่น้ำ เช่น ความลาดท้องน้ำ สัมประสิทธิ์ความขรุขระ เป็นต้น แต่แบบจำลองเพื่อการจัดสรรน้ำระดับลุ่มน้ำ เวลาที่พิจารณาเป็นรายเดือนค่า Time Lags จึงไม่มีนัยสำคัญนัก เพราะในช่วงเวลา 1 เดือนที่พิจารณานั้น น้ำที่ระบายจากอ่างเก็บน้ำทั้งสองสามารถเดินทางมาถึงจุดท้ายน้ำที่พิจารณาได้ทัน จึงสมมุติได้ว่าน้ำไหลมาถึงจุดท้ายน้ำที่พิจารณาได้ในทันทีด้วยเหตุนี้จึงไม่คำนึงถึงเวลาที่น้ำใช้เดินทางในแบบจำลองด้านการจัดสรรน้ำระดับลุ่มน้ำ

ช) โมดูลกราฟ

แบบจำลองสามารถสร้างกราฟได้ 3 รูปแบบ คือ

1) กราฟของการคำนวณสมดุลน้ำ

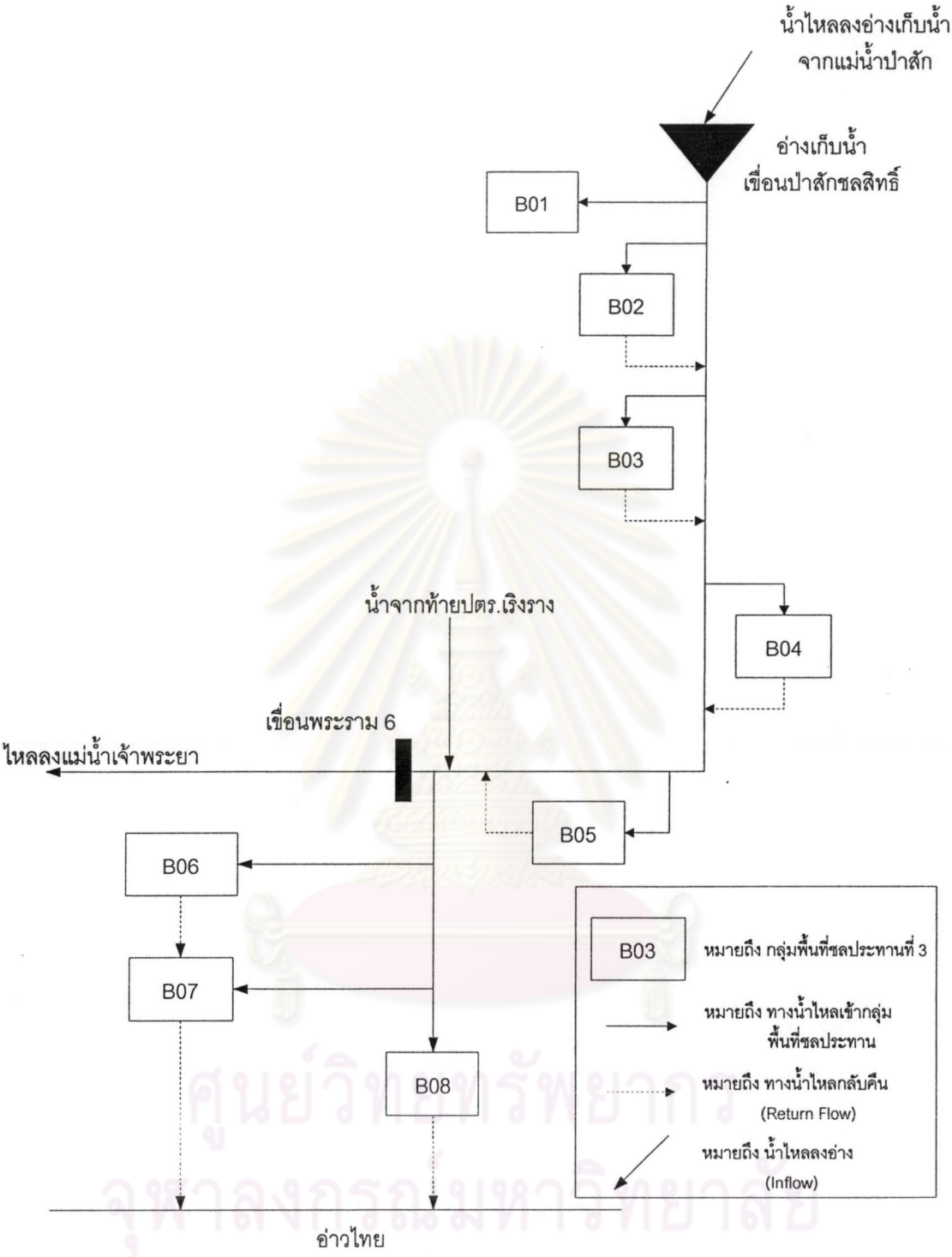
2) กราฟของ FIRM Yield

3) กราฟของชั้นและระดับควบคุมของอ่าง

กราฟเหล่านี้จะแสดงบนจอภาพเพื่อใช้วิเคราะห์ในระหว่างการศึกษาเท่านั้น ถ้าจะแสดงกราฟเหล่านี้เป็นรายงาน ต้องสร้างขึ้นมาใหม่จากข้อมูลผลการศึกษาโดยโปรแกรมสร้างกราฟ เช่น ไมโครซอฟท์เอ็กเซล

3.2.2 การแบ่งกลุ่มพื้นที่ในแบบจำลอง

การแบ่งพื้นที่ศึกษาสำหรับแบบจำลอง AISP สำหรับการจัดสรรน้ำในระดับลุ่มน้ำ จะจำลองระบบชลประทานออกเป็นกลุ่มต่างๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะ รูปแบบการส่งน้ำชลประทาน และการระบายน้ำที่คล้ายคลึงกัน เช่น ใช้น้ำจากคลองชลประทานหรือคลองระบายสายเดียวกัน ดังรูปที่ 3-10 ซึ่งกลุ่มพื้นที่ชลประทาน แบ่งพื้นที่เป็น 8 กลุ่ม ดังตารางที่ 3-6



รูปที่ 3-10 แผนภูมิกลุ่มพื้นที่ชลประทานที่ใช้ในแบบจำลอง AISP

ตารางที่ 3-6 การแบ่งกลุ่มพื้นที่ชลประทานที่ใช้ในแบบจำลอง

ลำดับ	โครงการ	ชื่อกลุ่มพื้นที่	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)
1	โครงการจัดหาน้ำเพื่อการเกษตร จ.ลพบุรี	B01	30,000
2	โครงการสูบน้ำพัฒนานิคม	B02	29,300
3	โครงการสูบน้ำพัฒนานิคม - แก่งคอย	B03	28,500
4	โครงการสูบน้ำแก่งคอย - บ้านหมอ	B04	86,700
5	โครงการคลองเพรียว - เสาไห้	B05	135,300
6	ป่าสักใต้ / นครหลวง	B06	507,648
7	รังสิตเหนือ / รังสิตใต้	B07	971,500
8	คลองด่าน / พระองค์ไชยานุชิต	B08	1,035,000
รวมทั้งโครงการ			2,823,948

ที่มา : รายงานศึกษาความเหมาะสม และผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเขื่อนเก็บกักน้ำแม่น้ำป่าสัก

กรมชลประทาน , ปี พ.ศ. 2536

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การกำหนดความสำคัญนโยบายการใช้น้ำ

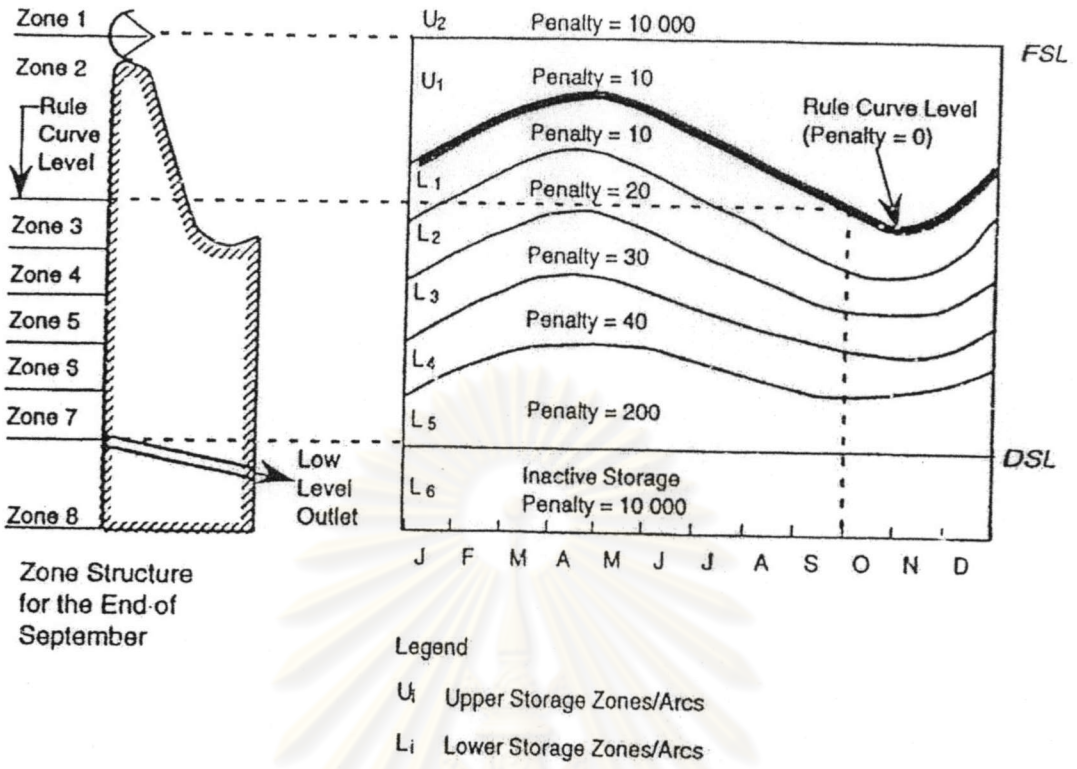
การกำหนดความสำคัญด้านนโยบายการใช้น้ำทั้งด้านการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำและการใช้น้ำจากกิจกรรมต่างๆ โดยการกำหนดค่าปรับ (Penalty Values) ของอ่างเก็บน้ำและความต้องการน้ำ ซึ่งอยู่ในรูปของแบบจำลอง AISP ในการวิเคราะห์สมดุลน้ำ เป็นการกำหนดเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ค่าปรับนี้มีลักษณะคล้ายต้นทุนต่อหน่วยของน้ำที่เกิดขึ้นในการใช้น้ำ ซึ่งแบบจำลอง AISP จะจัดสรรน้ำตามหลักเกณฑ์ที่ได้กำหนดขึ้นมา โดยให้มีค่าปรับต่ำสุดในการวางแผนเพื่อการใช้น้ำและการจัดสรรน้ำในระบบลุ่มน้ำเป็นการกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำและระบายน้ำออกใช้เวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการกำหนดค่าปรับ จะมีการกำหนดค่าปรับอยู่ 2 ชนิดคือ ค่าปรับที่เกิดขึ้นจากการกักเก็บน้ำหรือการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ และค่าปรับที่เกิดขึ้นเมื่อไม่สามารถส่งน้ำให้กับความต้องการในกิจกรรมต่างๆ ได้เพียงพอ (Acres, 1979) ค่าปรับทางน้ำมี 2 ชนิด ดังนี้

1. ค่าปรับของอ่างเก็บน้ำ ในแบบจำลอง AISP มีการแบ่งความจุใช้งานออกเป็นชั้น (Zone) ตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ เช่น ชั้นสำหรับป้องกันน้ำท่วม ชั้นสำหรับอุปโภคบริโภค ชั้นสำหรับรักษาสภาพลำน้ำ เป็นต้น โดยในแต่ละชั้นความจุจะประกอบด้วย ขอบเขตของชั้นและค่าปรับ ซึ่งเป็นค่าของน้ำที่เก็บไว้ในชั้นนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 3-11

จากรูปที่ 3-11 ชั้นบนสุดของอ่างเก็บน้ำคือความจุสูงสุด (Spill Zone) ชั้นต่ำสุดคือความจุต่ำสุด (Dead Storage Zone) ชั้นความจุที่อยู่ระหว่างนี้เป็นความจุใช้งาน ระดับควบคุมการเก็บกักและปล่อยน้ำ (Rule Curve) เป็นระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ต้องการ ดังนั้นค่าปรับที่ระดับนี้จึงมีค่าเป็นศูนย์ ระดับควบคุมจะเป็นขอบเขตล่างของชั้นใดชั้นหนึ่ง ชั้นอื่นๆ ที่อยู่เหนือหรือใต้ระดับควบคุมจะมีค่าปรับ โดยค่าปรับจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามชั้นที่ห่างจากระดับควบคุม

ในแต่ละช่วงเวลาการคำนวณสมดุลน้ำ ถ้าอ่างเก็บน้ำสามารถระบายน้ำหรือเก็บกักน้ำจนระดับน้ำอยู่ในระดับควบคุมได้จะไม่มีค่าปรับเกิดขึ้น แต่ถ้าระดับน้ำมาอยู่เหนือหรือใต้ของระดับควบคุม จะมีค่าปรับเกิดขึ้นเท่ากับ ผลคูณของปริมาณน้ำที่อยู่ต่างจากระดับควบคุมกับค่าปรับต่อหน่วยน้ำที่เกิดขึ้น แต่การที่อ่างเก็บน้ำจะระบายน้ำหรือเก็บน้ำไว้นั้นขึ้นอยู่กับค่าปรับของทางน้ำที่เกิดขึ้นด้วย

2. ค่าปรับของทางน้ำ ใช้สำหรับจัดลำดับของกิจกรรมการใช้น้ำต่างๆ โดยกิจกรรมที่มีความสำคัญสูง ไม่ต้องการให้ขาดน้ำ ต้องมีค่าปรับสูงกว่า นอกจากนี้ค่าปรับของทางน้ำต้องมีความสัมพันธ์กับค่าปรับของอ่างเก็บน้ำ โดยถ้าต้องการให้การใช้น้ำของกิจกรรมใดใช้น้ำจากชั้นใด



ที่มา : รายงานศึกษาโครงการศึกษาการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา, ปี พ.ศ. 2543

รูปที่ 3-11 การแบ่งชั้นในการเสียค่าปรับของอ่างเก็บน้ำในแบบจำลอง AISP

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้นหนึ่งของอ่างเก็บน้ำต้องกำหนดให้ค่าปรับของทางน้ำหรือกิจกรรมนั้นมีค่าสูงกว่าค่าปรับของชั้นของอ่างเก็บน้ำนั้น รูปที่ 3-12 แสดงค่าปรับของทางน้ำต่างๆ ในแบบจำลอง AISP

3.4 ดัชนีการประเมินผลภายนอก

การพิจารณาดัชนีในการประเมินผล Bos และคณะ (1993) ได้กล่าวถึงกระบวนการติดตามผลว่า เป็นขั้นตอนสำคัญในการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิผล ดัชนีแสดงผลการปฏิบัติงาน (Performance Indicator) มักประกอบด้วยค่าจริงและค่าเป้าหมายที่ทำให้ผู้ใช้สามารถทราบค่าความเบี่ยงเบนและมาตรฐานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งผู้จัดการสามารถตัดสินใจใช้ได้ทันที ถ้าความเบี่ยงเบนนั้นเป็นที่ยอมรับ ดัชนี (Indicator) โดยมากจะแสดงอยู่ในรูปของอัตราส่วน (Ratio) คุณลักษณะที่สำคัญของดัชนีแสดงผลการปฏิบัติงานมีดังต่อไปนี้

1. มีหลักเกณฑ์เป็นวิทยาศาสตร์ ดัชนีมีปริมาณพื้นฐานเป็นปริมาณที่ได้จากการสังเกต (Empirically Quantified) เป็นการทดสอบแบบจำลองทางสถิติ ข้อขัดแย้งระหว่างพื้นฐานจากการสังเกตและโดยทฤษฎีควรจะชัดแจ้ง เช่นไม่ควรจะถูกปิดบังโดยรูปแบบของดัชนี เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์ในการเปรียบเทียบ

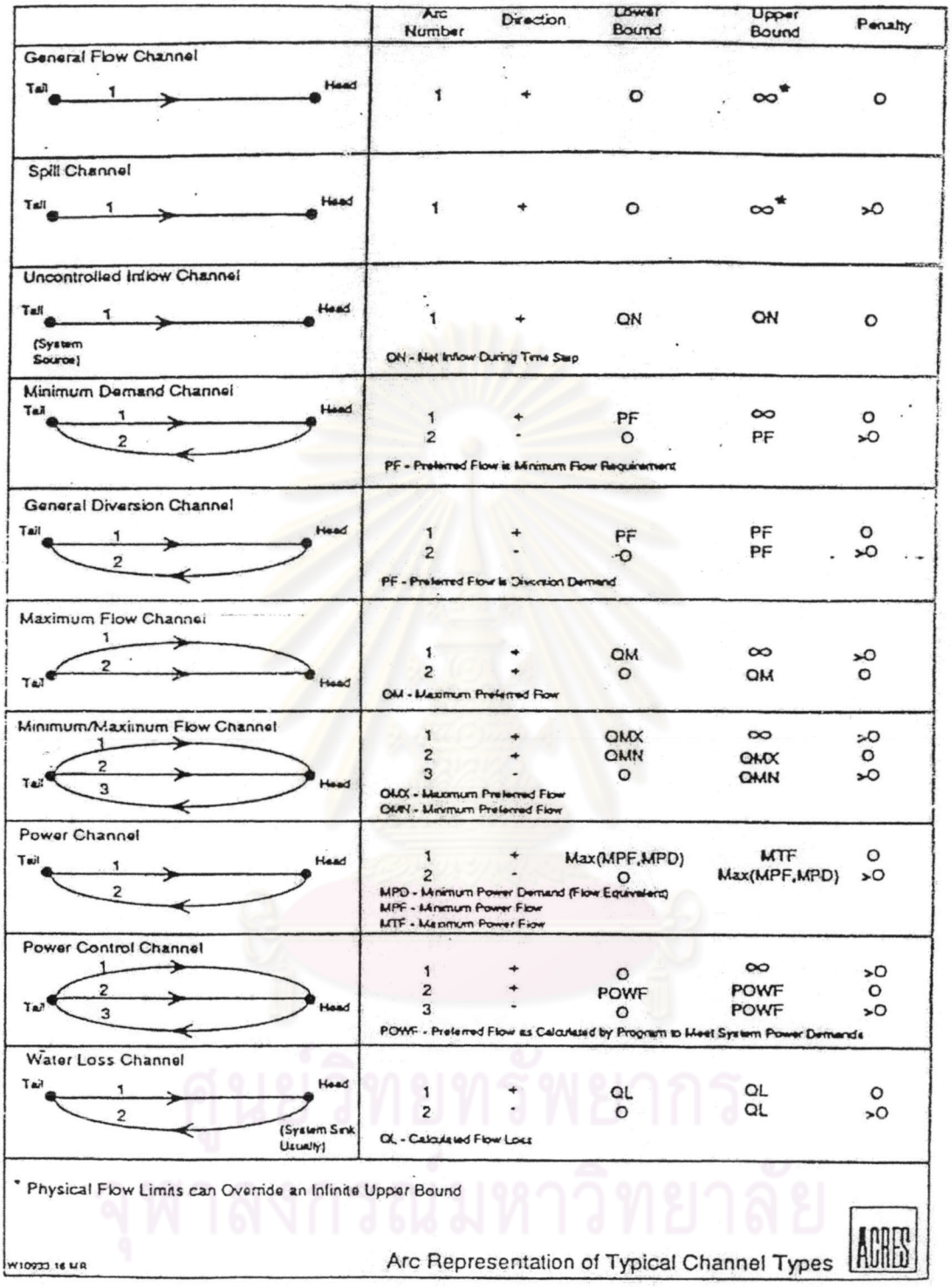
2. ดัชนีต้องเป็นเชิงปริมาณ ข้อมูลต้องเป็นเชิงปริมาณ ดัชนีต้องใช้ได้หรือหาได้วัดได้ด้วยเทคโนโลยีที่สามารถหาได้ การวัดต้องทำซ้ำได้

3. อ้างอิงกับค่าเป้าหมาย ข้อนี้จะเห็นได้ชัดเจนจากรายละเอียดดัชนีแสดงผลการปฏิบัติงาน หมายความว่ามีความสัมพันธ์กันและเหมาะสมกับค่าเป้าหมาย ค่าเป้าหมายควรจะสัมพันธ์กับระดับของเทคโนโลยีและระดับการจัดการ

4. ข้อมูลข่าวสารที่ได้ต้องไม่ลำเอียง ดัชนีแสดงผลการปฏิบัติงานที่ดีไม่ควรกำหนดขึ้นจากมุมมองแคบๆ มีค่าแบบประมาณ

5. จัดหาข้อมูลข่าวสารในการดำเนินการย้อนกลับไปมาได้และจัดการได้

6. ธรรมชาติของดัชนี ดัชนีอธิบายกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งโดยเฉพาะหรืออาจจะอธิบายโดยรวมหรือเชื่อมโยงข้อมูลของกลุ่มภายในกิจกรรมต่างๆ ดัชนีที่ดีจะให้ข้อมูลข่าวสารกิจกรรมจริงสัมพันธ์กับค่าเป้าหมาย อาจเป็นไปได้ที่จะต้องมีการรวมอัตราส่วนที่ไร้มิติก่อน



ที่มา : รายงานศึกษาโครงการศึกษาการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา, ปี พ.ศ. 2543

รูปที่ 3-12 ค่าปรับของทางน้ำต่างๆ ของแบบจำลอง AISP

7. ง่ายต่อการใช้ประโยชน์และให้ผลคุ้มทุน ในส่วนของการจัดการประจำวัน ดัชนีแสดงผลการปฏิบัติงาน ควรจะมีเทคนิคเบื้องต้นและง่ายต่อการใช้สำหรับอัตรากำลังของหน่วยงาน ตามระดับของความชำนาญและการกระตุ้น ลำดับต่อมาค่าลงทุนของการใช้ดัชนีในด้านการเงิน เครื่องมือ และการใช้ทรัพยากรมนุษย์ควรจะเป็นไปด้วยดีภายในทรัพยากรที่มีอยู่

Mao Zhi (1993) ศึกษาประเมินประสิทธิผล (Performance Indicators) ใน 4 กลุ่ม ต่างๆ โดยกลุ่มที่เกี่ยวข้อง คือ

กลุ่มที่ 1 ดัชนีทางด้านการใช้ประโยชน์น้ำชลประทาน ได้แก่

1. ประสิทธิภาพการจ่ายน้ำจากแหล่งน้ำหลัก, S (%)

$$S = \frac{Wm}{Wmr} \times 100 \qquad \text{(W-1)}$$

เมื่อ Wm คือ ปริมาณการจ่ายน้ำจริง

Wmr คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้จากแหล่งน้ำหลัก

2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำจากแหล่งน้ำท้องถิ่น, U (%)

$$U = \frac{Ww}{Wwr} \times 100 \qquad \text{(W-2)}$$

เมื่อ Ww คือ ปริมาณการจ่ายน้ำจริง

Wwr คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้จากแหล่งน้ำของท้องถิ่น

3. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ, E

$$E = \frac{Wf}{W} \qquad \text{(W-3)}$$

เมื่อ Wf คือ ปริมาณน้ำที่ส่งไปยังแปลง

W คือ ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ มีค่าเท่ากับ Wm + Ww

4. ส่วนแบ่งปันน้ำที่ให้ใช้รายปี, M และร้อยล่ะของส่วนแบ่งปันน้ำมาตรฐาน, Pm(%)

$$M = \frac{W}{A} \qquad \text{(W-4a)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Pm = \frac{M \times E + 300}{Mn + 300} X100 \quad \text{(W-4b)}$$

เมื่อ A คือ พื้นที่เพาะปลูกจริง

Mn คือ ส่วนแบ่งปันน้ำมาตรฐานรายปี

W คือ ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ

E คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

วราวุธ (2538) ศึกษารวบรวมดัชนีที่มีใช้ในปัจจุบันและได้เสนอไว้เป็น 3 กลุ่ม คือดัชนีแสดงผลทางด้านชลศาสตร์ ดัชนีแสดงผลทางการเกษตร และดัชนีแสดงผลทางด้านเศรษฐกิจสังคมและสภาพแวดล้อม โดยดัชนีแสดงผลทางด้านชลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังนี้

ดัชนีแสดงผลทางด้านชลศาสตร์ (Hydraulic Performance Indicators) ได้แก่

1. ดัชนีการส่งน้ำ (Conveyance Indicators)

1.1 ดัชนีแสดงผลการส่งน้ำ (Delivery Performance Indicators)

$$\text{Delivery Performance Ratio} = \frac{\text{อัตราการไหลจริง}}{\text{อัตราการไหลที่ต้องการ}} \quad \text{(D-1)}$$

หรือ กรณีใช้เวลาส่งน้ำช่วงยาวนาน

$$\text{Delivery Performance Ratio} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งจริง}}{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการ}} \quad \text{(D-2)}$$

1.2 ประสิทธิภาพ (Efficiency)

$$\text{ประสิทธิภาพรวมของโครงการ} = \frac{\text{ความต้องการน้ำชลประทาน}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองทั้งหมด}} \quad \text{(E-1)}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการส่งน้ำ} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากคลองทั้งหมด}}{\text{ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองทั้งหมด}} \quad \text{(E-2)}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการกระจายน้ำ} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งไปแปลงเพาะปลูก}}{\text{ปริมาณน้ำที่ไหลลงคลองทั้งหมด}} \quad \text{(E-3)}$$

$$\text{ประสิทธิภาพของแปลงเพาะปลูก} = \frac{\text{ความต้องการน้ำของแปลงเพาะปลูก}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งไปแปลงเพาะปลูก}} \quad \text{(E-4)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ดัชนีแสดงการใช้ประโยชน์จากการส่งน้ำ (Utility of Water Supplied)

2.1 ความเพียงพอ (Adequacy)

$$\text{Relative Water Supply} = \frac{\text{น้ำชลประทาน + น้ำฝน}}{\text{การระเหย + รั่วซึม + น้ำซึมลึก}} \quad \text{(U-1)}$$

2.2 ความแน่นอน/ความเชื่อมั่นได้ (Reliability)

$$\text{Overall Reliability} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ส่ง x ช่วงเวลาการส่งน้ำจริง}}{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการให้ส่ง x ช่วงเวลาการส่งน้ำที่กำหนด}} \quad \text{(U-2)}$$

2.3 ความคาดหมายได้ (Predictability)

$$\text{Dependability of Supply} = \frac{\text{ช่วงระยะเวลาการส่งน้ำจริง}}{\text{ช่วงระยะเวลาการส่งน้ำที่กำหนด}} \quad \text{(U-3a)}$$

$$\text{Regularity of Deliveries} = \frac{\text{Actual Interval between Water Delivery}}{\text{Planned Interval between Water Delivery}} \quad \text{(U-3b)}$$

3. ดัชนีแสดงการบรรลุผลและความสม่ำเสมอของแผนการจัดสรรน้ำ (Achievement and Equity of Water Allocation Plans)

$$\text{Modified Interquartile Ratio} = \frac{\text{Average DPR of Best 25\% of the System}}{\text{Average DPR of Worst 25\% of the System}} \quad \text{(A-1)}$$

$$\text{Head Tail Equity Ratio} = \frac{\text{Average DPR of Upper 25\% of the System}}{\text{Average DPR of Tail 25\% of the System}} \quad \text{(A-2)}$$

เมื่อ DPR คือ Delivery Performance Ratio

ในรายงานที่เสนอต่อองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และคณะกรรมการวิจัยของธนาคารโลก (World Bank) ในเรื่องการควบคุมน้ำและการจัดการชลประทานสมัยใหม่ (Modern Water Control and Management Practice in Irrigation) ซึ่งได้รวบรวมและนำเสนอการพัฒนาดัชนีในการประเมินผลภายนอก (External Indicators) โดย Charles และ Stuart ในปี ค.ศ. 1998 ได้มีการปรับปรุงและแบ่งประเภทของดัชนีการประเมินผลภายนอกเกี่ยวกับการพัฒนาระบบชลประทานออกเป็น 3 ประเภท คือด้านผลผลิตการเกษตร ด้าน

การจัดหาน้ำ และด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการศึกษาวิจัยนี้พิจารณาดัชนีการประเมินการจัดหาน้ำ (Water Supply Indicators) เป็นหลักในการนำมาประเมินประสิทธิผลการจัดสรรน้ำ ดังนี้

1) ดัชนีการประเมินผลผลิตการเกษตร (Irrigation Agricultural Output Indicators) ประกอบด้วย

ผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (Output per Cropped Area) (F-1)

ผลผลิตต่อพื้นที่โครงการ (Output per Unit Command) (F-2)

ผลผลิตต่อปริมาณพื้นที่ชลประทานที่ส่ง (Output per Unit Irrigation Supply) (F-3)

ผลผลิตต่อปริมาณน้ำที่ใช้ (Output per Water Consumed) (F-4)

2) ดัชนีการประเมินการจัดหาน้ำ (Water Supply Indicators) ประกอบด้วย

ความสามารถในการส่งน้ำ (Water Delivery Capacity)

$$\text{ความสามารถในการส่งน้ำ} = \frac{\text{ความจุของคลองส่งน้ำ}}{\text{ความต้องการน้ำชลประทานสูงสุด}} \times 100 \quad \text{(F-5)}$$

ปริมาณน้ำต้นทุนสัมพัmธ์ในฤดูแล้ง (Dry Season RWS)

$$\text{ปริมาณน้ำต้นทุนสัมพัทธ์ในฤดูแล้ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำต้นทุนในฤดูแล้ง}}{\text{ความต้องการน้ำของพืชในฤดูแล้ง}} \quad \text{(F-6)}$$

ปริมาณน้ำต้นทุนสัมพัทธ์ในฤดูฝน (Wet Season RWS)

$$\text{ปริมาณน้ำต้นทุนสัมพัทธ์ในฤดูฝน} = \frac{\text{ปริมาณน้ำต้นทุนในฤดูฝน}}{\text{ความต้องการน้ำของพืชในฤดูฝน}} \quad \text{(F-7)}$$

ปริมาณน้ำต้นทุนสัมพัทธ์ทั้งปี (Annual RWS)

$$\text{ปริมาณน้ำต้นทุนสัมพัทธ์ทั้งปี} = \frac{\text{ปริมาณน้ำต้นทุนตลอดทั้งปี}}{\text{ความต้องการน้ำของพืชตลอดทั้งปี}} \quad \text{(F-8)}$$

ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ในฤดูแล้ง (Dry Season RIS)

$$\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ในฤดูแล้ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งในฤดูแล้ง}}{\text{ความต้องการน้ำชลประทานในฤดูแล้ง}} \quad \text{(F-9)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ในฤดูฝน (Wet Season RIS)

$$\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ในฤดูฝน} = \frac{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งในฤดูฝน}}{\text{ความต้องการน้ำชลประทานในฤดูฝน}} \qquad \text{(F-10)}$$

ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ทั้งปี (Annual RIS)

$$\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ทั้งปี} = \frac{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งตลอดทั้งปี}}{\text{ความต้องการน้ำชลประทานตลอดทั้งปี}} \qquad \text{(F-11)}$$

ค่าประสิทธิภาพการชลประทานของโครงการรายปี(Annual Project Irrigation Efficiency, IE)

$$IE = \frac{\text{น้ำชลประทานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์}}{\text{น้ำชลประทานที่ส่งให้ - น้ำที่มีอยู่ในแปลงนา}} \times 100 \qquad \text{(F-12)}$$

3) ดัชนีการประเมินด้านเศรษฐกิจ (Irrigation Agricultural Output Indicators) ประกอบด้วย

ค่าผลตอบแทนการลงทุนรวม (Gross Return on Investment) (F-13)

ร้อยละของค่าส่งน้ำและบำรุงรักษาที่เรียกเก็บ (Percentage of O&M Collected) (F-14)

จากการทบทวนวิธีการในการกำหนดดัชนีระดับนานาชาติ และระดับท้องถิ่น ดังที่กล่าวมาข้างต้น การเลือกใช้ดัชนีประเมินผลการจัดการน้ำจะพิจารณาว่าดัชนีตัวใดมีความเหมาะสมที่จะใช้ประมาณประสิทธิผลการจัดการน้ำนั้น ตามที่ Abermethy (1990) ได้แสดงไว้แล้วถึงจุดมุ่งหมายหลักสำหรับใช้ประกอบแนวทางในการพิจารณาตัวแปรต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็น ดัชนีทั้งหมด โดย Rao (1993) เสนอแนะว่าการเลือกควรกำหนดเป็นกลุ่มดัชนี และภายในกลุ่มนั้นประกอบด้วยดัชนีที่ต้องการใช้ 2-3 ตัว ที่สำคัญต้องดูว่าดัชนีต้องการข้อมูลอะไร สามารถหาได้ในโครงการที่จะศึกษาหรือไม่

ดัชนีที่คัดเลือกมาใช้ในการประเมินนี้ดูจากความเหมาะสมของโครงการฯ เป็นหลัก เช่น อัตราส่วนการส่งน้ำ เป็นดัชนีที่เป็นตัวชี้วัดความเสมอภาคหรือความเท่าเทียม และเป็นตัวบ่งชี้ว่าปริมาณน้ำที่ส่งให้จากระบบมีความเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่ รวมถึงสามารถที่จะพิจารณาในด้านความเท่าเทียมของแผนการจัดสรรน้ำด้วย ซึ่งจะทำให้ทราบว่าระบบสามารถส่งน้ำให้มีความเพียงพอตลอดฤดูการส่งน้ำมากน้อยเพียงใด

ส่วน ความแน่นอน เป็นดัชนีที่พิจารณาว่าระบบสามารถส่งน้ำตามความต้องการน้ำชลประทานได้เหมาะสมเพียงใดในด้านเวลา และพื้นที่ แต่เนื่องจากโครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักฯ ที่นำมาเป็นกรณีศึกษา พื้นที่ชลประทานยังก่อสร้างไม่เสร็จ โดยมีแผนงานก่อสร้างเสร็จในปี พ.ศ. 2549 ความแน่นอนเป็นดัชนีที่มีตัวแปรที่จะต้องใช้ระยะเวลาเป้าหมายการส่งน้ำและระยะเวลาการส่งน้ำจริงมาใช้ จึงไม่สามารถนำมาประเมินการจัดสรรน้ำในกรณีนี้ได้ ความแน่นอนเหมาะที่จะใช้เมื่อโครงการฯ เริ่มมีการจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานแล้ว ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารโครงการชลประทานหรือผู้ปฏิบัติงานสามารถที่จะมองเห็นสภาพของผลการปฏิบัติงานในโครงการแบบสภาวะปัจจุบัน อีกทั้งยังช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดสรรน้ำที่อาจเกิดขึ้นต่อไป

เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้วิเคราะห์จำลองสภาพการจัดสรรน้ำในพื้นที่ศึกษา การประเมินผลการจัดสรรน้ำโดยใช้ดัชนีประเมินผลภายนอกมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการจัดสรรน้ำในพื้นที่ว่าเป็นไปตามกฎเกณฑ์ (การจัดลำดับความสำคัญของผู้ใช้น้ำ) ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ และมีผลต่อการจัดสรรน้ำอย่างไร ดังนั้นการคัดเลือกดัชนีจะสนใจเฉพาะด้านการจัดสรรน้ำเท่านั้น ดัชนีประเมินผลภายนอก (จากรายงานของ FAO และคณะกรรมการวิจัยของธนาคารโลก เป็นวิธีการกำหนดดัชนีระดับนานาชาติ การประเมินในงานศึกษาวิจัยครั้งนี้ครั้งนี้จึงเลือกใช้เฉพาะดัชนีทางด้านการจัดหาน้ำเท่านั้น ส่วนดัชนีที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านผลผลิตการเกษตร และด้านเศรษฐศาสตร์จะไม่นำมาใช้ในการประเมิน

สรุปผลการคัดเลือกดัชนีที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม (รวม 5 ดัชนี) ดังนี้

1. ดัชนีการประเมินการจัดหาน้ำ (Water Supply Indicators)

ปริมาณน้ำต้นทุนสัมพัทธ์ทั้งปี (Annual RWS)

$$\text{Annual RWS} = \frac{\text{ปริมาณน้ำต้นทุนตลอดทั้งปี}}{\text{ความต้องการน้ำของพืชตลอดทั้งปี}} \qquad (3\text{-}4)$$

ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ในฤดูแล้ง (Dry Season RIS)

$$\text{RIS} = \frac{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งในฤดูแล้ง}}{\text{ความต้องการน้ำชลประทานในฤดูแล้ง}} \qquad (3\text{-}5)$$

ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ในฤดูฝน (Wet Season RIS)

$$\text{Wet Season RIS} \frac{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งในฤดูฝน}}{\text{ความต้องการน้ำชลประทานในฤดูฝน}} \qquad (3\text{-}6)$$

ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งสัมพัทธ์ทั้งปี (Annual RIS)

$$\text{Annual RIS} \quad \frac{\text{ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งตลอดทั้งปี}}{\text{ความต้องการน้ำชลประทานตลอดทั้งปี}} \qquad (3\text{-}7)$$

2. ดัชนี การส่งน้ำ (Conveyance Indicators)

$$\text{Delivery Performance Ratio} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งจริง}}{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการ}} \qquad (3\text{-}8)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย